

ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA UTILIZAÇÃO DO CONCRETO DE ALTO DESEMPENHO EM ESTRUTURAS DE EDIFÍCIOS EM CONCRETO ARMADO

Denilson Kroetz¹

Julio Cardinal²

Resumo

Com o crescimento vertical das edificações e a busca da eficiência na execução de estruturas em concreto armado, o surgimento, melhoramento e a implantação de novos materiais mostra-se como uma solução viável. O concreto de alto desempenho (CAD) por apresentar elevada resistência mecânica, baixa porosidade e boa trabalhabilidade, vem se consolidando nas estruturas de edifícios em grandes centros urbanos, apresentando benefícios estruturais, econômicos e estéticos. Com base nisso, esse estudo busca avaliar a viabilidade econômica da utilização deste material em estruturas de edifícios em concreto armado no oeste de Santa Catarina. Através da modelagem estrutural de uma edificação multipavimentos com estrutura em concreto armado, empregando concreto de alto desempenho em pilares, vigas e lajes, concluiu-se que sua utilização é viável do ponto de vista econômico, o que mostra que este material é aplicável em obras da região, bastando apenas a disseminação dos resultados obtidos junto aos projetistas e empresa produtoras de concreto.

Palavras-chave: Edifícios. Estruturas de concreto armado. Concreto de alto desempenho. Viabilidade econômica.

Abstract

With the vertical growth of buildings and the pursuit of efficiency in the execution of structures in reinforced concrete, rise, improvement and implementation of new materials is shown as a viable solution. The high-performance concrete (HPC) to present high mechanical strength, low porosity and good workability, has been consolidating in building structures in large urban centers, with structural, economic and aesthetic benefits. Based on this, this study seeks to evaluate the economic viability of the use of this material in structures of buildings in reinforced concrete in the west of Santa Catarina. Through the structural modeling of a multi-floor structure with structure in reinforced concrete, employing high performance concrete in pillars, beams and slabs, it was concluded that its use is economically viable, which shows that this material is applicable in works of the region, just only the dissemination of the results obtained with concrete designers and companies.

Keywords: Buildings. Reinforced concrete structures. High performance concrete. Economic viability.

¹ Acadêmico de Engenharia Civil da Faculdade de Itapiranga - FAI. E-mail: denilsonkroetz@gmail.com

² Docente do curso de Engenharia Civil da Faculdade de Itapiranga - FAI. E-mail: juliocardinal1@gmail.com

Introdução

O concreto armado é amplamente utilizado em todo mundo, mas apesar das diversas vantagens, estes elementos estruturais habitualmente necessitam de grandes dimensões para resistirem aos esforços a que são submetidos, o que para alguns tipos de obras, como as obras prediais, acaba sendo um inconveniente do ponto de vista estético, financeiro e funcional. (CARVALHO e FILHO, 2007).

Nesse contexto, nos meados dos anos 60, um grupo de projetistas e produtores de concreto dos Estados Unidos buscaram desenvolver um concreto que apresentasse maior resistência e mantivesse as mesmas características de durabilidade e segurança do concreto convencional, com o qual seria possível tornar os elementos de concreto armado mais delgados e os edifícios cada vez mais altos. (AİTCIN, 2011).

Este concreto, denominado concreto de alto desempenho (CAD) apresenta características de resistência, porosidade e durabilidade bastante superiores aos concretos convencionais. Com a disseminação e o avanço da tecnologia do CAD, ele se tornou um material muito eficiente estruturalmente, amplamente usado em obras de grande porte, com resistências que atualmente se aproximam às da rocha natural. (TUTIKIAN; ISAIA; HELENE, 2011; FREITAS, 2014).

Em centros maiores o CAD é amplamente empregado, porém, em regiões mais isoladas é um material pouco utilizado nas construções, por ser pouco produzido pelas empresas fornecedoras de concreto. Portanto essa pesquisa busca avaliar a viabilidade econômica da sua aplicação em obras prediais, em substituição ao concreto convencional, buscando encorajar os projetistas a conceberem estruturas empregando CAD e também incentivar que as centrais produtoras de concreto produzam este material.

Histórico do uso do CAD em estruturas de concreto armado

Em meados dos anos 60, quando as estruturas eram projetadas usando concretos de 15 a 20 MPa que um grupo de projetistas e produtores de concreto da cidade de Chicago nos Estados Unidos, tiveram a vontade de lançar um concreto de alta resistência, que possibilitaria a construção de grandes obras não apenas na horizontal, mas também na vertical. Até então o concreto era visto como um bom material para

confecção de pisos, fundações ou ainda para proteger elementos estruturais contra o fogo. (AİTCIN, 2000).

Conforme Perenchio 1973 (apud AİTCIN, 2000), a proposta inicial era dobrar a resistência a compressão comumente usada na época, que chegava a no máximo 30 MPa e fazer isto com a tecnologia existente se tratava de um verdadeiro desafio, visto que os cimentos e aditivos naquele tempo não eram tão adequados e desenvolvidos da mesma forma que são atualmente.

A partir do momento em que havia se desenvolvido um concreto acima do patamar médio para a época, era a hora de lançar o produto no mercado. A estratégia usada pelos idealizadores deste novo produto foi propor aos proprietários de obras a utilização deste novo concreto que apresentava resistência a compressão de 10 a 15 MPa superior daquele que havia sido selecionado pelos projetistas, em uma ou duas colunas principais da edificação sem acréscimo nenhum no custo em relação ao concreto convencional. A estratégia usada deu certa e fez com que os projetistas e proprietários comesçassem a ver que aumentando a resistência do concreto era possível reduzir custos e aumentar a área dos pavimentos inferiores em função da diminuição da seção das colunas. (AİTCIN, 2000).

Os produtores de concreto prosseguiram suas pesquisas e assim a resistência à compressão máxima do concreto usado em edifícios em Chigago subiu de 15-20 MPa para 45-60 MPa. Mas ao alcançar a resistência de 60 MPa uma barreira técnica foi encontrada, pois os lignossulfatos que eram os redutores de água usados até então não conseguiam reduzir ainda mais a relação água/aglomerante (a/a) das misturas. (BLICK; PETERSEN; WINTER, 1974 apud AİTCIN, 2000).

Essa barreira pôde ser vencida no final dos anos 60, quando os superplastificantes foram utilizados pela primeira vez no concreto. Inicialmente os superplastificantes desempenharam a função de fluidificantes, tendo como objetivo principal a obtenção de uma boa trabalhabilidade. Entretanto, viu-se que estes aditivos poderiam ser usados como poderosos redutores de água capazes de atingirem relações a/c bastante baixas. (AİTCIN, 2000).

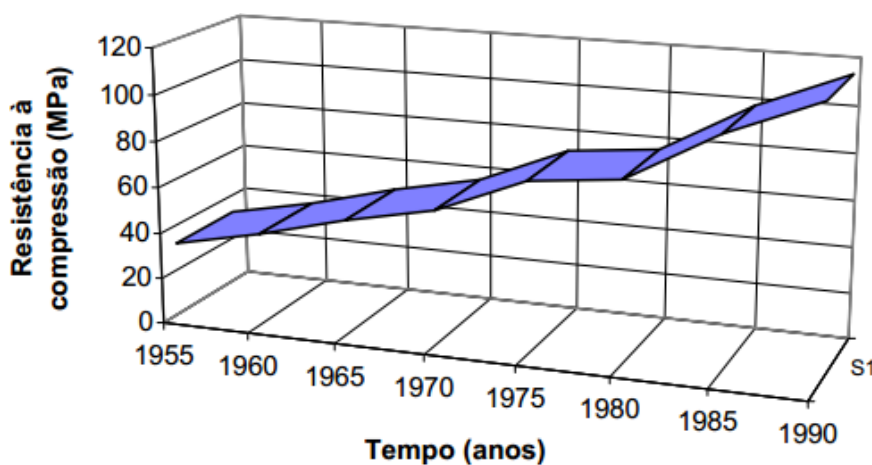
A cidade de Chicago desempenhou entre o início dos anos 1960 até o final dos anos 1980, um importante papel no desenvolvimento e evolução comercial do CAD. A

cidade é considerada uma das propulsoras dos novos conceitos de projetos e da utilização de novos materiais. (CALDARONE, 2008).

Com o passar dos anos a tecnologia e a resistência do CAD foi aumentando cada vez mais, especificamente quando a sílica ativa começou a ser usada como um material cimentício suplementar. Com sua utilização foi possível tornar trabalháveis concretos com resistências à compressão acima de 100 MPa. (SAYEGH, 2002).

Caldarone (2008) relata que nos últimos 40 anos a resistência à compressão do concreto comercial aproximadamente triplicou, partindo de 35 MPa para 95 MPa. Esta evolução conforme o autor é fruto dos avanços tecnológicos dos aditivos, aumento da disponibilidade de adições minerais e aumento dos conhecimentos sobre os princípios dos concreto de alta resistência. A Figura 1 mostra a evolução da resistência do concreto ao longo dos anos:

Figura 1: Evolução no tempo do concreto de alto desempenho



Fonte: Gonzalez 1993 (apud BACCIN, 1998).

Atualmente o CAD é bastante disseminado em diversos países do mundo, sendo que no Canadá já se utiliza concretos com resistências que chegam a 200 MPa. Já no Brasil, nota-se uma tendência na substituição dos concretos convencionais pelos de alto desempenho, tendo em vista as vantagens por ele apresentados. (QUEIROGA, 1999).

Descrição da edificação

O edifício analisado na pesquisa é um prédio de uso misto (residencial e comercial) localizado em Chapecó, Santa Catarina. O edifício possui um total de 7 pavimentos, que incluem garagem, térreo, pavimentos tipo e reservatório.

A estrutura original é de concreto armado, com vedação em alvenaria de tijolos cerâmicos e lajes pré-moldadas treliçadas. Na modelagem estrutural apresentada neste trabalho no entanto serão consideradas lajes maciças.

O espaçamento médio entre pilares da estrutura original varia de 4 a 5 metros, sendo que suas posições originais e algumas dimensões foram mantidas para realização dessa pesquisa.

Critérios de dimensionamento da estrutura

Para avaliação da utilização do CAD em estruturas de concreto armado foram propostos três modelos de estrutura, conforme mostra o Quadro 1.

Quadro 1: Modelos estruturais analisados na pesquisa

Modelos	Resistência (MPa)		
	Pilares	Vigas	Lajes/Escadas
Modelo E25	25	25	25
Modelo P50	50	25	25
Modelo E50	50	50	50

Fonte: Do Autor, 2016.

O dimensionamento das fundações do edifício não foi considerado pelo fato da proposta do trabalho restringir-se apenas a aplicação do CAD na superestrutura.

Os carregamentos considerados para o dimensionamento da estrutura estão divididos em dois grupos:

- Cargas permanentes: Peso próprio da estrutura, paredes e revestimentos.
- Cargas variáveis: Cargas acidentais e ações do vento.

Os valores das cargas estão apresentados na Tabela 1 e seguem as prescrições da NBR 6120 (1980).

Tabela 1: Carregamentos considerados no dimensionamento da estrutura

Descrição	Valor
Peso próprio da estrutura	2,5 kN/m ²
Peso paredes	1,3 kN/m ²
Carga de revestimento do piso (pavimentos térreo e tipo)	0,85 kN/m ²
Carga acidental pavimento térreo (salas comerciais)	4 kN/m ²
Carga acidental escadas/corredores com acesso ao público	3 kN/m ²
Carga acidental áreas de serviço pavimentos Tipo	2 kN/m ²
Carga acidental demais cômodos pavimentos Tipo	1,5 kN/m ²
Carga acidental lajes de cobertura	0,5 kN/m ²
Carga extra lajes de cobertura (carga de telhado)	1,5 kN/m ²
Carga extra laje do reservatório (carga dos reservatórios)	7,5 kN/m ²
Carga extra laje da caixa de elevador	7,5 kN/m ²
Velocidade do vento	42 m/s*

*** Configuração padrão do software.**

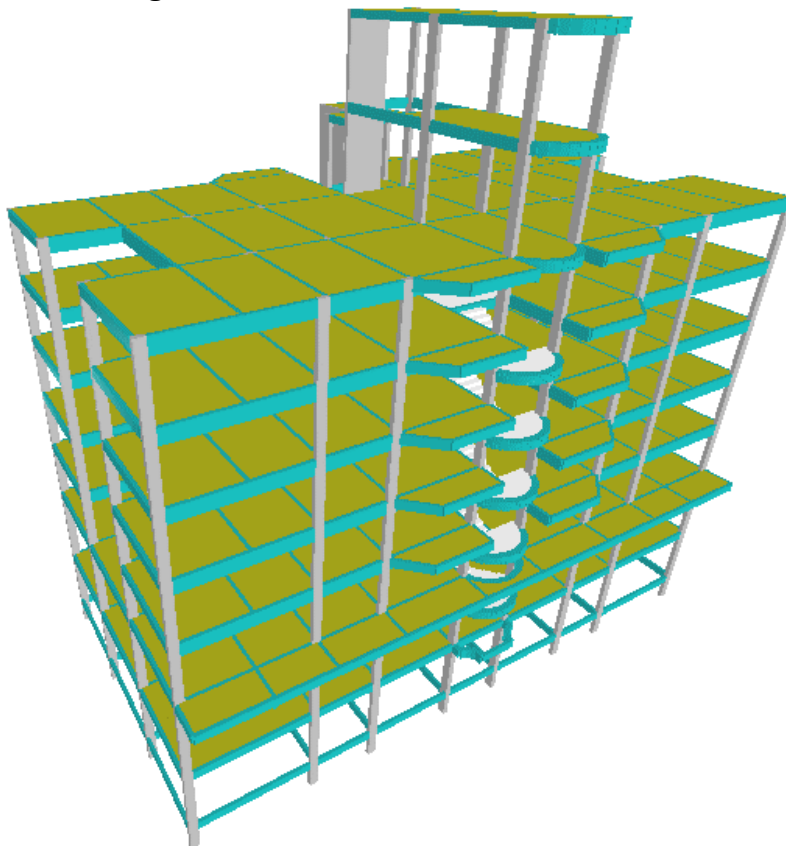
Fonte: Adaptado de 6120, 1980.

Concepção, modelagem e cálculo computacional da estrutura

Na modelagem e dimensionamento da estrutura foi utilizado o software Eberick da empresa AltoQi. Este software engloba as etapas de lançamento, análise da estrutura, dimensionamento e o detalhamento final dos elementos estruturais conforme a NBR 6118 (2014).

A análise da estrutura ocorre através do modelo de pórtico espacial, com o qual é possível uma minuciosa análise dos esforços que a estrutura está submetida. É um programa com diversos recursos que proporcionam alta produtividade na elaboração dos projetos e no estudo de diferentes soluções para um mesmo projeto. A Figura 2 apresenta o pórtico 3D do modelo E25 gerado com o auxílio do software.

Figura 2: Pórtico 3D da estrutura referência



Fonte: Do autor, 2016.

Terminada a modelagem e dimensionamento do edifício referência foram gerados os relatórios (estabilidade global, deslocamentos, cargas nas fundações, resumos de materiais) do modelo e partiu-se para a estruturação dos demais modelos, alterando inicialmente a resistência do concreto. Após o reprocessamento da estrutura iniciaram as alterações nas dimensões de elementos estruturais, atentando sempre para a capacidade resistente dos elementos, da estabilidade da estrutura, além da esbeltez em pilares e flechas nas vigas e lajes.

Procedimento de análise da viabilidade econômica

Para avaliar a viabilidade econômica das estruturas da pesquisa foram orçados os serviços de execução através de composições de custos fornecidas pelo Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), da Caixa Econômica Federal. As composições de custos unitários englobam mão de obra e materiais necessários para execução de determinado serviço. Cada insumo tem seu

coeficiente de utilização que é multiplicado pelo seu valor e somado aos demais insumos, gerando a composição de custos unitários do serviço.

A análise de viabilidade dos modelos desta pesquisa dividiu a execução da superestrutura em três serviços principais, que são a concretagem, armação de armaduras e montagem e desmontagem de fôrmas. Com base na tabela SINAPI do mês de agosto de 2016, para o estado de Santa Catarina, foram usados os seguintes valores para o serviço de concretagem, conforme mostra o Quadro 2.

Quadro 2: Custos de concretagem considerados na pesquisa

Código SINAPI	Descrição	Unidade	Custo unitário (R\$)
92720	Concretagem de pilares, Fck = 25 Mpa	m ³	344,7
Composição adaptada de 92720	Concretagem de pilares, Fck = 50 Mpa	m ³	499,55
Composição adaptada de 92725	Concretagem de vigas e lajes, Fck=25 Mpa	m ³	342,09
Composição adaptada de 92725	Concretagem de vigas e lajes, Fck=50 Mpa	m ³	496,94

Fonte: SINAPI/SC, 2016.

Nas composições descritas como adaptadas houve a modificação do insumo concreto, pois as composições originais eram formadas por concretos de Fck inferior ao que será usado na pesquisa, necessitando de mudanças no valor do insumo citado, que tornam o preço final do serviço mais oneroso em comparação à composição original. O serviço de concretagem engloba o lançamento, adensamento e acabamento do concreto na estrutura.

Os custos de armação dos elementos estruturais foram divididos de acordo com o tipo de elemento, classe do aço (CA 50 ou CA 60) e diâmetro das barras. Os custos unitários de armação são apresentados no Quadro 3.

Quadro 3: Custos de armação de elementos estruturais considerados na pesquisa

Código SINAPI	Descrição	Unidade	Custo unitário (R\$)
92759	Armação de pilar ou viga utilizando aço CA-60 de 5.0 mm	kg	10,81
92760	Armação de pilar ou viga utilizando aço CA-50 de 6.3 mm	kg	9,99
92761	Armação de pilar ou viga utilizando aço CA-50 de 8.0 mm	kg	9,63
92762	Armação de pilar ou viga utilizando aço CA-50 de 10.0 mm	kg	7,84
92763	Armação de pilar ou viga utilizando aço CA-50 de 12.5 mm	kg	6,5
92764	Armação de pilar ou viga utilizando aço CA-50 de 16.0 mm	kg	5,1
92767	Armação de laje utilizando aço CA-60 de 4.2 mm	kg	9,17
92768	Armação de laje utilizando aço CA-60 de 5.0 mm	kg	8,17
92769	Armação de laje utilizando aço CA-50 de 6.3 mm	kg	7,3
92770	Armação de laje utilizando aço CA-50 de 8.0 mm	kg	7,12
92771	Armação de laje utilizando aço CA-50 de 10.0 mm	kg	5,72
92772	Armação de laje utilizando aço CA-50 de 12.5 mm	kg	5,01

Fonte: SINAPI/SC, 2016.

As composições apresentadas acima englobam os serviço de dobra e corte do aço e montagem e armação das armaduras com arame recozido.

Para o serviço de montagem e desmontagem de fôrmas considerou-se os valores do Quadro 4, discriminados de acordo com o tipo do elemento.

Quadro 4: Custos de montagem e desmontagem de fôrmas considerados na pesquisa

Código SINAPI	Descrição	Unidade	Custo unitário (R\$)
92431	Montagem e desmontagem de fôrma de pilares retangulares	m ²	37,04
92467	Montagem e desmontagem de fôrma de viga	m ²	42,16
92525	Montagem e desmontagem de fôrma de laje maciça	m ²	18,52

Fonte: SINAPI/SC, 2016.

As escadas também foram consideradas como lajes maciças para fins de orçamentação do serviço.

Apresentação e análise dos resultados

Com o dimensionamento dos modelos estruturais, obteve-se os consumos de materiais para a execução das estruturas. O Quadro 5 mostra o consumo de concreto dos três modelos analisados.

Quadro 5: Consumo de concreto total dos elementos e estruturas

Elementos estruturais	Classe de resistência	Consumo de concreto (m ³)		
		Modelo E25	Modelo P50	Modelo E50
Pilares	C 25	96,5	0	0
	C 50	0	81,1	79,6
Vigas	C 25	180,5	180,2	0
	C 50	0	0	149,9
Lajes/escadas	C 25	301,8	301,5	0
	C 50	0	0	275,1
TOTAL		578,8	562,8	504,6

Fonte: Do autor, 2016.

O modelo P50 apresentou um consumo total de 562,8 m³ de concreto, quantidade 2,76% menor que o modelo E25. Já o modelo E50 teve redução de 12,81% em relação ao modelo E25 e 10,34% comparado ao modelo P50.

Quando avaliado o volume de concreto apenas para os pilares, houve redução de 15,96% no volume de concreto para os pilares do modelo P50 em relação ao modelo E25 e de 17,51% do modelo E50 em relação ao edifício referência.

Pereira (2011), avaliou a aplicação de CAD apenas em pilares de um edifício de 5 pavimentos. Aumentando a resistência do concreto de 20 para 50 MPa obteve redução de 47,20% no volume de concreto para os pilares. Essa diferença entre os dois estudos, pode se dar por diversos fatores, como por exemplo, a diferença no número de pavimentos do edifício analisado, a resistência do concreto do edifício referência e os vãos livres entre os pilares.

O consumo de aço por elemento e total das estruturas é apresentado no Quadro 6.

Quadro 6: Consumo de aço total dos elementos e estruturas

Elementos estruturais	Tipo de aço	Consumo de aço (kg)		
		Modelo E25	Modelo P50	Modelo E50
Pilares	CA 60	2103,4	1949,7	1815,1
	CA 50	12339,3	7786,4	8059,3
Vigas	CA 60	2276,8	2310,9	2713,4
	CA 50	13691,8	13664,6	12205,1
Lajes/escadas	CA 60	2651,0	2813,0	12088,1
	CA 50	9156,2	9071,9	1713,1
TOTAL		42218,5	37596,5	38594,1

Fonte: Do autor, 2016.

Dentre os três modelos analisados, o modelo P50 com pilares de $F_{ck} = 50$ MPa e o restante da estrutura com $F_{ck} = 25$ MPa foi o que apresentou o menor consumo total de aço, 10,95% a menos que o modelo referência. O modelo E50 entretanto, apesar de ter o menor consumo de concreto dentre os modelos apresentados, teve redução de apenas 7,32% se comparado ao modelo referencial.

O consumo de aço para os pilares diminuiu 32,58% do modelo P50 em relação ao modelo referencial. O modelo E50 apresentou redução de 31,63% se comparado ao modelo E25. Este resultado mostra que a diminuição das seções dos pilares é vantajosa até certo ponto, pois, segundo Nakamura (2006) os ganhos com o aumento do F_{ck} dos pilares é maior em pilares mais robustos do que em pilares esbeltos, onde devido a pequena seção de concreto para resistir aos esforços, há um incremento na área de aço dos pilares para solidariamente manter a estabilidade da estrutura.

Para as vigas e lajes, o consumo de aço do modelo E50 se mostrou o mais elevado entre os modelos analisados. Esse acréscimo na armadura pode ser resultado da

redução das alturas de vigas e espessuras de lajes, pois de acordo com Nakamura (2006) os elementos mais beneficiados com a aplicação do CAD, do ponto de vista de economia em concreto e aço, são os que predominam esforços de compressão (pilares). Em vigas e lajes há predominância de esforços de flexão e o aumento do F_{ck} conforme os dados apresentados gera redução no volume de concreto, no entanto, eleva o consumo de armadura.

A área de fôrmas necessária por elemento e total da estrutura é apresentada no Quadro 7.

Quadro 7: Consumo total de fôrmas dos elementos e estruturas

Elementos estruturais	Consumo de Fôrmas (m ²)		
	Modelo E25	Modelo P50	Modelo E50
Pilares	1361,7	1211,5	1197,0
Vigas	2736,4	2733,8	2330,7
Lajes/escadas	2831,8	2829,4	2830,2
TOTAL	6929,9	6774,7	6357,9

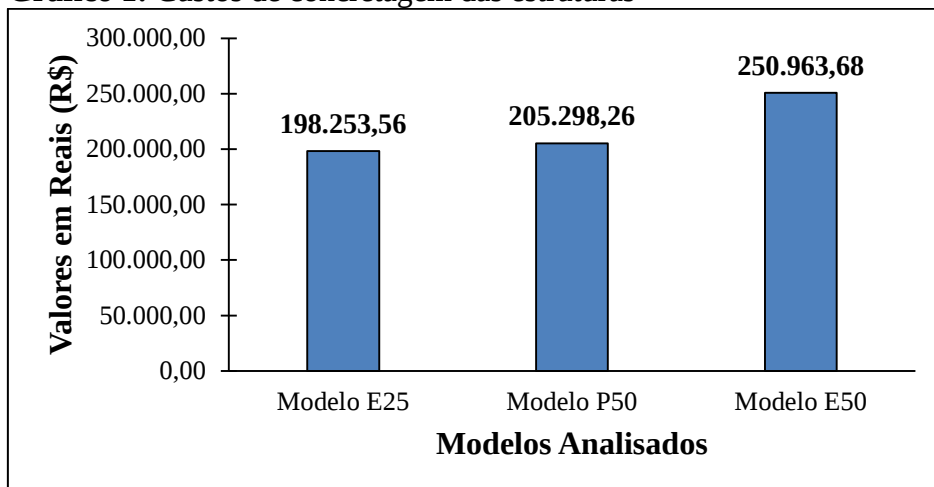
Fonte: Do autor, 2016.

Devido ao modelo E50 ter sofrido diminuição nas dimensões de pilares, vigas e lajes, conseqüentemente mostrou-se o modelo com maior economia em fôrmas, 8,25 % em relação ao modelo E25 e 6,15% se comparado ao modelo P50.

O modelo P50 reduziu sua área de fôrmas para os pilares em 11,03% em relação à área de fôrmas do modelo E25, enquanto que o modelo E50 teve redução de 12,10% nas fôrmas para os pilares. Esta característica já foi citada por Pereira (2011), que conseguiu uma redução equivalente à 35,95% no estudo em que aplicou CAD nos pilares de um edifício com 5 pavimentos.

Conforme os quantitativos de materiais apresentados acima foram efetuados os cálculos dos custos dos serviços e custos globais dos modelos analisados na pesquisa. A Figura 3 apresenta os custos da concretagem para execução das estruturas:

Gráfico 1: Custos de concretagem das estruturas

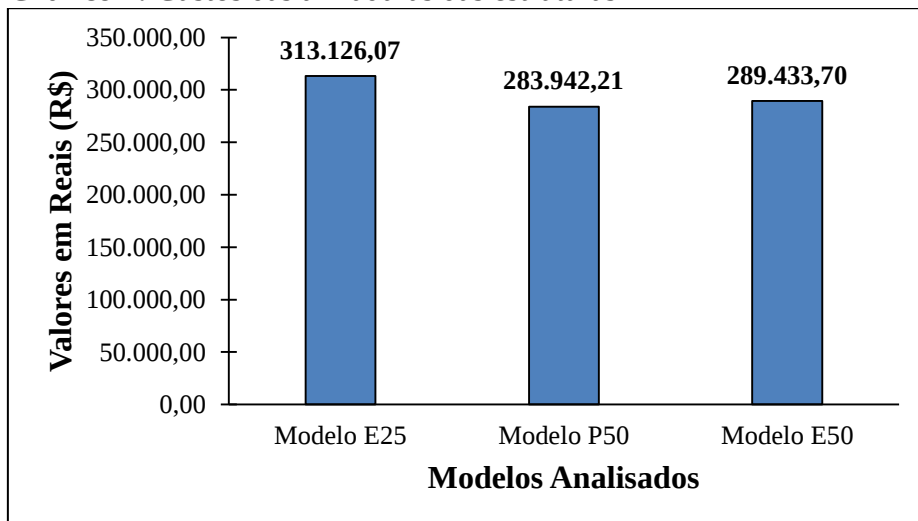


Fonte: Do autor, 2016.

O modelo E25 apresentou o menor custo dentre os três modelos analisados apesar de ter o consumo de concreto mais elevado. Esse resultado ocorre devido ao concreto de $F_{ck}=25$ MPa custar R\$ 291,58, valor que é 32,50% inferior ao concreto de $F_{ck}=50$ MPa que custa R\$ 431,97. Devido a essa diferença no custo entre os concretos, o modelo E50 torna-se o mais oneroso, mesmo sendo o que tem o menor índice de consumo de concreto.

O Gráfico 2 contempla os custos das armaduras das estruturas analisadas.

Gráfico 2: Custos das armaduras das estruturas

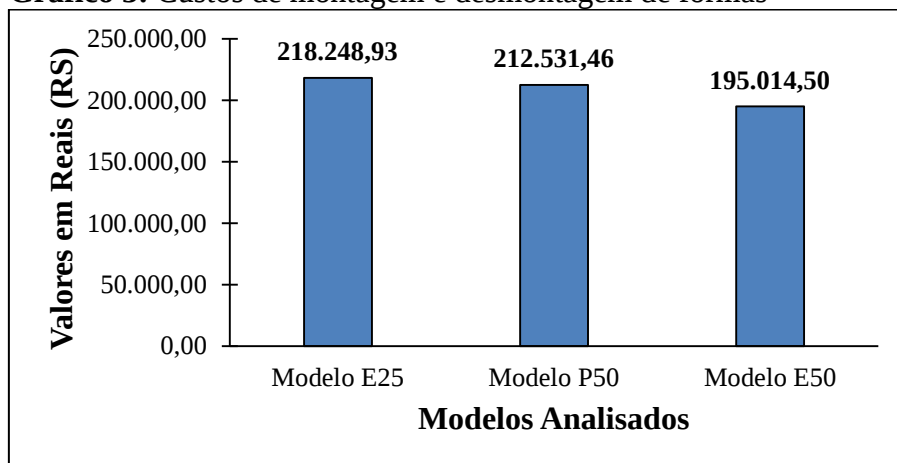


Fonte: Do autor, 2016.

Da mesma forma como demonstrado no consumo de aço das estruturas, o modelo P50 novamente se mostrou o mais econômico, ficando 9,32% mais barato em comparação ao modelo E25. Já o modelo E50 novamente apresentou valores intermediários, tendo um valor 7,57% menor ao modelo referência.

O menor custo de montagem e desmontagem de fôrmas ocorreu no modelo E50, apresentando redução de 10,65% no custo em relação ao modelo E25, conforme mostra o Gráfico 3. Já a variação no custo do modelo P50 em relação ao modelo E25 foi de 2,62%.

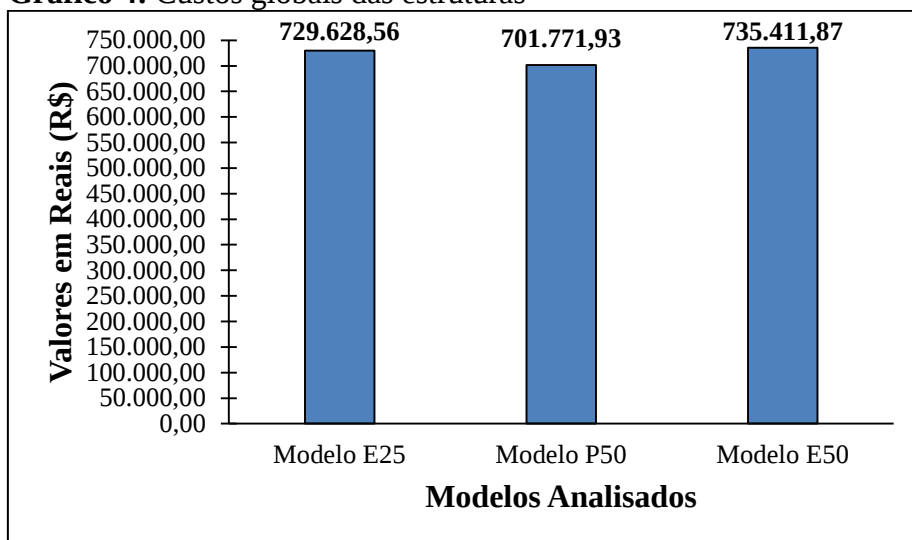
Gráfico 3: Custos de montagem e desmontagem de fôrmas



Fonte: Do autor, 2016.

O custo global das estruturas ilustrado na Figura 6, mostra que dos 3 modelos analisados, o P50 no qual foi considerado o CAD apenas para os pilares, teve um valor de R\$ 27856,63 (3,42%) menor ao modelo de referência. O modelo E50, considerado totalmente em CAD, mostrou-se 0,79% (R\$ 5783,31) mais caro que o modelo E25.

Gráfico 4: Custos globais das estruturas



Fonte: Do autor, 2016.

Conclusão

A aplicação do CAD na superestrutura diminuiu significativamente o consumo de concreto, aço e fôrmas se comparado ao modelo original em concreto de $F_{ck}=25$ MPa. No consumo de concreto, a estrutura totalmente em CAD apresentou o menor consumo, 12,31% inferior ao modelo referência. Quanto ao consumo de aço, a aplicação do CAD apenas nos pilares mostrou-se mais eficiente em relação às outras estruturas, resultando numa redução de 10,95% em relação à estrutura em concreto convencional. No quesito fôrmas, no entanto, novamente o modelo totalmente em CAD obteve o menor consumo, ficando 8,25% abaixo do modelo referência.

Em função do concreto de alto desempenho ter um valor maior se comparado ao concreto convencional, a estrutura com CAD em pilares, vigas, lajes e escadas apresentou o maior custo global dentre os modelos analisados, mesmo tendo o menor consumo de concreto e fôrmas. Quando aplicado apenas nos pilares, o CAD se mostrou economicamente viável apresentando um custo 3,42% menor do que a estrutura em concreto convencional. Apesar da estrutura totalmente em CAD ter o maior custo global, a redução nas seções de pilares, vigas e lajes devido ao aumento da resistência do concreto utilizado no dimensionamento, gera uma diminuição nas cargas transmitidas às fundações, o que consequentemente gera economia para a execução da infraestrutura, necessitando de um estudo aprofundado quanto à essa característica, que

poderá apresentar novos resultados quanto ao modelo mais viável de estrutura. O CAD mostra-se como um material que pode ser empregado em estruturas de edifícios em concreto armado na região oeste de Santa Catarina, onde em função da sua utilização poderá proporcionar benefícios estéticos, estruturais e econômicos. O próximo passo para sua implantação na região é a disseminação da técnica de produção e lançamento, que difere um pouco do concreto convencional.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto- Procedimento**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2014.

_____. **NBR 6120: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações**. Rio de Janeiro, 1980.

AÏTCIN, P. C. **Concreto de alto desempenho**. São Paulo: Pini, 2000. 667p.

BACCIN, A. G. C. **Fundamentos do concreto de alto desempenho e sua aplicação no projeto de pilares**. 1998. 176p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade de São Paulo, 1998, São Carlos.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Fundamentos do concreto armado**. Bauru: UNESP, 2006 (Apostila).

CALDARONE, Michael A. **High-Strength Concrete: A practical guide**. New York: Taylor & Francis, 2008.

CARVALHO, Roberto Chust; FILHO, Jasson Rodrigues de Figueiredo. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado**. 3. ed. São Carlos: UFSCar, 2007. 368 p.

QUEIROGA, M.V.M. **Análise experimental de pilares de concreto de alto desempenho submetidos à compressão simples**. 1999. 162 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.

SAYEGH, S. Desempenho a toda prova. **Téchne**, São Paulo nº. 63, p 36-46. Junho, 2002.

SILVA, Alexandre Leandro da. **Concreto de alto desempenho – CAD - Estudo de caso: Edifício e- Tower**. 2003. 59 p. Monografia (Engenharia Civil) – Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2003.

SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Catálogo de composições analíticas – AGO/2016.** Florianópolis: CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2016.

TUTIKIAN, B. F.; ISAIA, Geraldo C.; HELENE, Paulo. **Concreto de Alto e Ultra-Alto**

Desempenho. In: Geraldo C. Isaia. (Org.). Concreto: Ciência e Tecnologia. 1 ed.

São Paulo: Ibracon, 2011, v. 2, p. 1283-1325.

____. **Relatório de Insumos e Composições – AGO/16 com desoneração.** Florianópolis: CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2016.